



TITLE:

The Chemical Composition and the Energy Spectrum of Heavy Nuclei in the Cosmic Radiation above 10 GeV/nucleon( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Saito, Takeshi

---

CITATION:

Saito, Takeshi. The Chemical Composition and the Energy Spectrum of Heavy Nuclei in the Cosmic Radiation above 10 GeV/nucleon. 京都大学, 1971, 理学博士

ISSUE DATE:

1971-11-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/213785>

RIGHT:

氏 名	齋藤威 さいとう たけし
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 365 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	<b>The Chemical Composition and the Energy Spectrum of Heavy Nuclei in the Cosmic Radiation above 10 GeV/nucleon</b> (10 GeV/nucleon 以上のエネルギー領域における一次重原子核の化学組成とエネルギー分布) (主 査) 教授 長谷川博一 教授 林忠四郎 教授 武藤二郎 教授 柳父琢治
論文調査委員	

### 論 文 内 容 の 要 旨

宇宙線の研究には宇宙科学の分野に属するものと素粒子物理学の分野に属するものがあるが、申請者の研究は前者の分野で、宇宙空間における宇宙線の元素の組成とそのエネルギースペクトルとを実験的に研究したものである。

一次宇宙線の主成分は陽子であるが、1948年にはその中にヘリウム、炭素、窒素、酸素から鉄に至るまでの重い原子核が含まれていることが発見された。そしてその化学組成は、宇宙元素比と大局において似ているが、リチウム、ベリリウム、ホウ素を相当量含むこと、および全般的に重い元素がより多いことにおいて若干の相違がみられる。またエネルギースペクトルはエネルギーの逆べきの形で表現され、このべき指数  $\gamma$  はエネルギースペクトルを特徴づける指数とされている。

いままで、宇宙線の化学組成と、エネルギースペクトルについては多くの実験的研究がされてきたが、その研究はほとんど  $10\text{GeV}=10^{10}$  電子ボルト以下に限られており、また精度もかならずしもよくなかった。申請者は、1961年に気球によって大気上空にあげられ、36時間のあいだ一次宇宙線に照射された原子核乾板の中に記録された宇宙線の飛跡のうち原子番号 6 以上のもの 7,695 本をていねいに解析した。そして特に核子 (nucleon) 1 個当りのエネルギー  $10^{10}$  電子ボルト以上のものについて整理している。原子番号の測定精度は原子番号 9 以下のもので 0.25 であり、鉄においても 0.5 を越えない。エネルギー決定の精度は 30% である。

申請者は、慣習にしたがってこれらの元素を 4 つのグループに分類している。すなわち M 群 (原子番号 Z が 6 から 9)、LH 群 (Z が 10 から 15)、MH 群 (Z が 16 から 19)、VH 群 (Z が 20 以上) である。また後の 3 群は合わせて H 群とする。

まず、これらの各群に対して大気頂上における強度と化学組成とが、 $10^{10}$  電子ボルト以上のエネルギーのものについて決定されている。気球は大気の深さ  $7\text{g}/\text{cm}^2$  の所まで上昇し、原子核乾板の上の樹脂のおおいの厚さが  $5\text{g}/\text{cm}^2$  あるので計  $12\text{g}/\text{cm}^2$  の物質の下で観測が行なわれた。その結果を大気頂上の

値にまで補正するためには、参考論文1で申請者が得た結果、すなわち宇宙線が原子核と衝突したときにどのような核反応を起こすかという確率を従来よりもはるかに精度よく定めたものが利用された。大気頂上における各群の強度比は、従来得られているより低いエネルギー範囲における強度比と誤差範囲で一致していることが見出された。さらに、各群の化学組成が、ケイ素を1として求められている。

エネルギースペクトルについては、各群について、それらが  $10^{10}$  電子ボルト以上、 $10^{11}$  電子ボルトの数倍のエネルギー範囲にいたるまで単一のべき指数をもっていることが明らかにされた。各群のべき指数は、M 群  $1.61 \pm 0.04$ , H 群  $1.59 \pm 0.05$  (さらに細分類すれば、LH 群  $1.60 \pm 0.07$ ), MH 群  $1.56 \pm 0.20$ , VH 群  $1.58 \pm 0.13$ ) となる。従来申請者の測定したエネルギー領域で、知られていた予備的な結果では、M 群が  $1.57 \pm 0.20$ , H 群が  $1.62 \pm 0.20$  で、その誤差は非常に大きく、M 群と H 群とが同形のエネルギースペクトルであるかどうかについては結論することが不可能であった。申請者は今回の結果から、宇宙線の各元素成分は、 $10^{11}$  電子ボルトの数倍のエネルギーに至るまで、同じべき数をもつエネルギースペクトルをもっていると結論している。

### 論文審査の結果の要旨

宇宙線の化学組成は、宇宙線の源となる天体が何であるか、また宇宙線が地球に到来するまでの宇宙空間における伝播のようすを知るための重要な観測事実である。宇宙線のエネルギースペクトルは、宇宙線源における加速機構を反映するものである。以上の点から宇宙線の化学組成とエネルギースペクトルについては多くの研究がなされてきた。しかし、宇宙線の強度が少ないこと、その原子番号やエネルギーの決定が、とくに高いエネルギー範囲では困難であることのために、 $10^{10}$  電子ボルトをこえるエネルギー範囲では測定誤差が大きく、信頼すべき結果が得られていなかった。

他方、宇宙線の加速機構の理論のなかで代表的なものはフェルミの統計加速の理論である。この理論は、粒子が磁気雲との衝突をくりかえすうちに平均的にエネルギーを得るという考えを基礎としている。申請者は、このようなくりかえし加速が有効にはたらくならば、加速機構の性格は、より長時間加速をうけた高いエネルギーの宇宙線において、より顕著にあらわれるであろうとの考えのもとに、 $10^{10}$  電子ボルト以上の宇宙線の化学組成とエネルギースペクトルを精度よく測定することを企てたもので、その着眼点は極めて適当である。

つぎに、高いエネルギー領域における測定の精度をよくするために、申請者は第1に、従来よりもはるかに数多くの宇宙線飛跡を解析している。第2に、エネルギー決定の精度を向上させるためていねいな解析を行なっている。原子番号6以上の宇宙線が原子核乾板の中の原子核と衝突したとき数個のエネルギーの高いアルファ粒子を放出するばあい、これらのアルファ粒子の角分布からエネルギーが推定される。また同じ現象において数個の陽子を放出する場合にも同じ原理でエネルギーが推定できる。申請者はこれらの2つの方法を組み合わせて、エネルギー決定の精度の誤差が30%以内であるという、このような高いエネルギー領域においては他の研究者が達し得なかった精度を得ている。以上2つの点から、申請者が得た結論、すなわち宇宙線は元素の種類にかかわらず  $10^{11}$  電子ボルトの数倍にいたるまでエネルギーのべきの形のスペクトルをもつこと、べき指数は同一であること、は十分信頼性における結果であり、得られた

べき指数の値は今後相当な期間にわたってこの分野における基礎的な数値として一般に認められるものと予想される。

申請者は、得られた結果をもとにして加速機構について若干の議論を展開している。フェルミの加速機構の理論に従えば、宇宙線の加速が行なわれる領域において宇宙線が多量の物質層を通過するならば、エネルギースペクトルのべき指数は重い元素ほど大きい値をとるはずである。従来の測定の結果では、べき指数の値の誤差が大きく、この種の議論は展開する余地がなかったが、今回の結果にもとづいて宇宙線が加速されている領域において通過すべき物質層の厚さの上限として  $0.8\text{g/cm}^2$  という有意な結果が得られている。他方宇宙線が星間空間において通過する物質量は  $3$  ないし  $5\text{g/cm}^2$  と知られている。申請者が得た数値は上限であるが、この種の議論は極めて興味あるものであり、また申請者の得た精度のよい測定値をもって初めて可能となっている。

なお、参考論文 2 編はいずれも提出論文と同じ分野の研究内容を含んでおり、またその一部は提出論文の実験的な基礎となっている。これらは、申請者のこの分野における学識を示すものと考えられる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。